



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 199 22 321 A 1

51 Int. Cl. 7:
G 01 C 3/30

21 Aktenzeichen: 199 22 321.1
22 Anmeldetag: 14. 5. 1999
43 Offenlegungstag: 23. 11. 2000

71 Anmelder:
Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE

72 Erfinder:
Feist, Wieland, Dr.-Ing., 07743 Jena, DE; Seeber, Marcel, Dipl.-Ing., 07745 Jena, DE; Monz, Ludwin, Dr.rer.nat., 07743 Jena, DE; Gräber, Christian, Dr., 07646 Stadtroda, DE; Marold, Thomas, Dipl.-Phys., 07747 Jena, DE; Taege, Eyk, Dipl.-Ing., 99097 Erfurt, DE; Donath, Bernd, Dr., 07747 Jena, DE

56 Entgegenhaltungen:

DE 196 04 018 A1
DE 195 28 465 A1
DE 40 32 657 A1
CH 6 80 951 A5

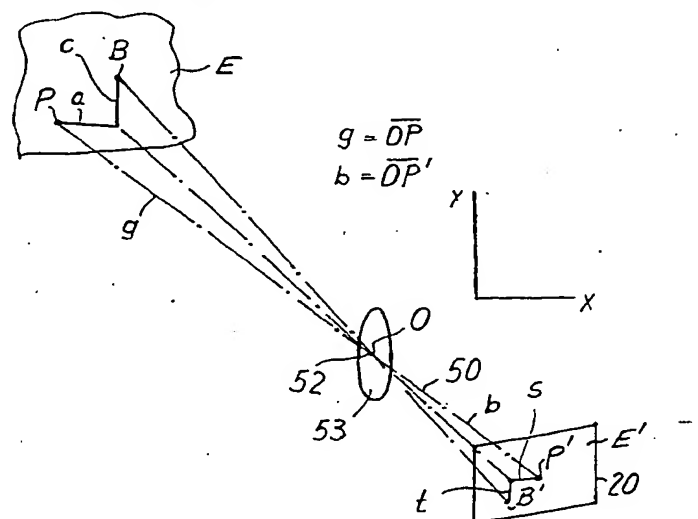
JP 59-202010 A, In: Pat. Abstr. of JP, P-344, March 28, 1985, Vol. 9/No. 68;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Anordnung zur Durchführung von geodätischen Messungen mittels Videotachymeter

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen der Koordinaten von Objektpunkten mittels eines, mit einer elektronischen, eine Pixelmatrix umfassenden Kamera ausgerüsteten, an einem Tachymeterstandpunkt angeordneten Videotachymeters, wobei mit Hilfe der elektronischen Kamera des Videotachymeters zu vermessende Objektpunkte und/oder -strukturen, sowie Basispunkte umfassende Bilder aufgenommen werden, welche auf einem Display des Videotachymeters dargestellt und in einem Rechner gespeichert werden. Die, die zu vermessenden Objektpunkte und/oder -strukturen umfassenden Bildinhalte auf dem Display bezeichnenden Pixel werden mittels elektronischer Mittel markiert oder gekennzeichnet und mittels einer Transformation werden den so markierten oder gekennzeichneten Pixeln auf dem Display Pixel auf der Matrix der elektronischen Kamera zugeordnet. Mit Hilfe des Streckenmessers des Videotachymeters wird die Distanz zu mindestens einem Objektpunkt und mit den Winkelmeßsystemen des Videotachymeters werden Höhen- und Horizontalwinkel zu dem mindestens einen Objektpunkt gemessen. Innerhalb der Bildinhalte der zugeordneten Pixel der elektronischen Kamera wird mittels an sich bekannter Methoden der Bildverarbeitung nach Strukturen, wie Punkten, Kanten, Ecken und dergleichen, gesucht und die Position und Orientierung dieser Strukturen in Bezug auf die durch Objektiv und Kamera gebildete Zielachse des Videotachymeters ermittelt. Mit diesen ermittelten Strecken- und Winkelwerten ...



DE 199 22 321 A 1

DE 199 22 321 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung von geodätischen Messungen zur Objektpunktbestimmung mit digitalen Videosensoren und insbesondere mittels einer elektronischen Kamera ausgestatteter Videotachymeter.

Aus der DE 36 28 350 ist bekannt, ein Tachymeter mit einer Videokamera zu koppeln, um gleichzeitig mit der Punktaufnahme ein Videobild des Punktes mit der Punktnummer auf dem Zieltafelträger aufzunehmen.

Es ist ferner bekannt, mittels fotoelektrischer Detektoren, die im Brennpunkt des Fernrohrs eines geodätischen Gerätes angebracht sind, die Lage spezieller Zielmarken zu erfassen. Aus der DE 35 38 812 ist bekannt, die Lage einer speziell strukturierten Zielmarke mit einem positionsempfindlichen Detektor zu erfassen. Aus der DE 195 28 465 ist bekannt, die Lage einer selbstleuchtenden oder reflektierenden Zielmarke mittels Schwerpunktbildung aus Zeilen- und Spaltensummenfunktionen zu bestimmen. In beiden Fällen sind spezielle Zielmarken (Zieltafeln oder Reflektoren) notwendig, um die Position eines Punktes zu bestimmen.

Aus der DE 196 04 018 ist ein Verfahren zur Vermessung von Gebäudestrukturen bekannt, bei dem Kanten, die einer Vermessung mit einem reflektorlosen Laserentfernungsmesser nicht direkt zugänglich sind, dadurch vermessen werden, daß in unmittelbarer Nähe der Kante Punkte entfernungsmaßig vermessen werden, aus denen eine Ebene rechnerisch festgelegt wird. Die winkelmäßige Position der Kante wird mit Fernrohr und Fadenkreuz eines Theodoliten visuell bestimmt und in die zuvor bestimmte Ebene hineingerechnet. Dem Verfahren haftet der Nachteil an, daß mehrere Anzielungen visuell erforderlich sind, um die Position der Kante zu bestimmen. Dabei können sich Fehler ergeben, die vor Ort nicht sofort zu finden sind.

Ein Verfahren zur Ausmessung von Gebäuden nach der DE 689 04 911 T2 beinhaltet einen mit einem Entfernungsmesser gekoppelten Theodoliten, mit dem die einen Raum umgebenden Flächen an je mindestens drei Punkten gemessen werden und so die Lage der Flächen im Raum ermittelt werden. Nachteil dieses Verfahrens ist, daß es in der Anwendung auf Innenräume beschränkt bleibt, da es fordert, daß der auszumessende Raum im wesentlichen von Wänden begrenzt wird.

Die DE 198 00 336 verwendet eine Kamera mit einem an dieser angebrachten Entfernungsmesser. Die Punktbestimmung erfolgt in der aus der Photogrammetrie bekannten Weise vermittelt zweier Kameraaufstellungen und der Aufnahme dreier Punkte mit bekannten geometrischen Beziehungen zueinander in beiden Aufnahmen. Aus der US 5.166.878 ist eine Vorrichtung bekannt, bei der von drei Punkten aus Panoramaaufnahmen gemacht werden. Über gemeinsame Punkte in den Aufnahmen erfolgt die Berechnung der Aufnahmestandpunkte sowie der Koordinaten in den Bildern. In ähnlicher Weise beschreibt die WO 97/36147 ein Verfahren zur Bestimmung der Kameraposition bei Stereoaufnahmen mit beliebiger Orientierung aus drei Punkten mit bekannten Abständen, die in beiden Bildern vorhanden sein müssen.

Diesen aus der Photogrammetrie übernommenen Lösungen haftet der Nachteil an, daß eine zweite geeignete Kameraposition vorhanden sein muß, welche jedoch nicht immer gefunden werden kann. Aufgabenstellung der Tachymetrie ist es, mit nur einer Messung möglichst alle notwendigen Meßdaten über einen Punkt zu erhalten und zu bestimmen.

Aus der DE 197 30 257 ist eine Gestaltmessung mit einer CCD-Kamera bekannt, bei der fokussierabhängig eine Korrektur der Verzeichnungsfehler erfolgt, um im Unterschied

zu üblichen photogrammetrischen Kameras auch bei auf Nähe fokussierter Optik arbeiten zu können.

Aus dem Tagungsband: "Optical 3-D Measurement Techniques III" der Tagung der Universität Wien vom 2.-4. Oktober 1995", Seiten 251 bis 262, ist bekannt, Videobilder einer, in einen Theodoliten eingebauten CCD-Kamera auszuwerten. Das Videomeßsystem besteht aus zwei oder mehr Videotheodoliten. Mit geeigneten Bildverarbeitungsverfahren wird der Kontrast der auszumessenden Objekte im Bild verstärkt. Die Auswertung erfolgt, wie bei photogrammetrischen Aufnahmen üblich, durch Identifikation entsprechender Punkte in Aufnahmen beider Standorte und die anschließende Koordinatenbestimmung.

Aus dem Prospekt der Firma Measurements Devices Ltd. betreffend das Gerät "Surveyor™ ALS with Video Option" ist bekannt, daß ein reflektorlos messendes Tachymeter zusätzlich mit einer Videokamera ausgerüstet ist. Das Videobild wird auf einem Rechnerdisplay wiedergegeben. Die Anzielung eines Punktes kann durch Markierung des Punktes auf dem Bildschirm mit der Maus ausgelöst werden. Zu diesem Punkt werden dann Strecke und Winkel gemessen. Ein aus der Berechnung von gemessenen Punktkoordinaten im Rechner erzeugtes Geländemodell kann gleichzeitig mit dem Videobild auf dem Bildschirm wiedergegeben werden, um Modell und Wirklichkeit miteinander vergleichen zu können. Bei diesem Gerät findet keine Bildverarbeitung statt, jeder Punkt muß einzeln angezielt und gemessen werden.

So ist es die Aufgabe der Erfindung, die Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen, die Messungen zu vereinfachen und erleichtern, indem die Notwendigkeit entfällt, die Messungen von mehreren Tachymeterstandpunkten aus durchzuführen und das eine Videotachymeter mit einem externen Rechner zu verbinden. Ferner soll die Bedienung des Geräts vereinfacht werden und auch von ungelehrtem Personal erfolgen können, und die Bestimmung von Punkten im Bild soll eindeutig möglich sein, ohne daß jeder interessierende Punkt einzeln angezielt werden muß.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit den im ersten Anspruch dargelegten Mitteln gelöst. In den weiteren Ansprüchen sind Einzelheiten und weitere Ausführungen zur Erfindung beschrieben.

So werden in dem Videotachymeter ein Objektiv mit einer elektronischen digitalen Kamera, mit Pixel-Matrix im Brennpunkt, eine Fokussierungseinrichtung zur Fokussierung des Bildes auf die Matrix der Kamera, ein Display zur Anzeige des Bildes der Kamera und weiterhin Streckenmesser und Winkelmeßsysteme zur Bestimmung der Horizontal- und Vertikalwinkel der aus Objektiv und Kamera gebildeten Anordnung vorgesehen sind, wobei ein Pen, eine Maus, Trackball oder ähnliche Systeme zur Kennzeichnung von Bildinhalten des Displays verwendet werden. Die Pixelmatrix kann als eine CCD-Matrix oder als eine CMOS-Bildsensormatrix ausgebildet sein. Vermittels einer Transformation werden gekennzeichneten Pixeln auf dem Display Pixel der elektronischen Kamera zugeordnet und innerhalb der Bildinhalte der zugeordneten Pixel der elektronischen Kamera wird mittels an sich bekannter Methoden der Bildverarbeitung nach Strukturen (z. B. Punkte, Kanten, Ecken) gesucht. Es wird die Position und Orientierung dieser Strukturen in Bezug auf die Zielachse der durch Objektiv und Kamera gebildeten Anordnung ermittelt und mit Hilfe der mit dem Streckenmesser bestimmten Distanz zu mindestens einem Bildpunkt sowie der mit den Winkelmeßsystemen gemessenen Winkel Abmessungen dieser Strukturen im Objektraum in der jeweiligen Betrachtungsebene bestimmt.

In einer vorteilhaften Ausführungsform erfolgt die Anzeige der jeweiligen Meß- und Rechenwerte im Display.

Ist ist vorteilhaft, die berechneten Strukturen im Display kontrastmäßig, durch Blinken oder Farbe hervorzuheben.

Ist ist weiterhin vorteilhaft, ein Lineal in das Display einzubringen, dessen Maßstab im Objektraum durch Distanzmessung kalibriert wurde.

Weiterhin ist es vorteilhaft, die Meßbilder mit den dazu berechneten Daten zur Dokumentation des Meßprozesses abzuspeichern.

Ist ist weiterhin vorteilhaft, einen beliebigen Teil des Bildes der elektronischen Kamera mit ihrer vollen Auflösung auf dem Display zur Abbildung zu bringen. Dazu kann es von Vorteil sein, ein Zielkreuz oder Meßmarken mit auf dem Display zu erzeugen.

Bei Anzeige oder Abspeicherung kann es von Vorteil sein, die Auflösung zum Bildrand zu reduzieren. Das kann durch einen nichtlinearen Abbildungsmaßstab geschehen.

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine Übersicht eines erfindungsgemäßen Videotachymeters.

Fig. 2 eine Darstellung der Pixelzuordnung zwischen Display und Kamerachip.

Fig. 3 eine Darstellung der graphisch orientierten Datengewinnung auf dem Display.

Fig. 4 die Zuordnung zwischen Objekt- und Bildraum und

Fig. 5 ein in das Bild eingeblendetes Lineal.

Die Fig. 1 zeigt ein Videotachymeter 1, das auf einem Stativ 2 aufgestellt ist. Das Tachymeter 1 verfügt über einen Dreifuß 3, eine Stütze 4 und ein Fernrohr 5 mit einer elektronischen Kamera mit CCD-Matrix oder einer CMOS-Bildsensormatrix. Die Stütze 4 ist um eine vertikale Stehachse 9 drehbar. Das Fernrohr 5 mit der Kamera ist um eine horizontale Kippachse 10, die in der Stütze 4 gelagert ist, drehbar.

Das Videotachymeter 1 verfügt über nicht näher dargestellte an sich bekannte Winkelmeßsysteme zur Messung der Drehung um die Stehachse 9 (Horizontalwinkel) und um die Kippachse 10 (Vertikalwinkel gegen die Horizontalebene), einen nicht dargestellten Neigungssensor zur Messung der Neigung der Stehachse 9 in zwei zueinander senkrechten Richtungen und ein nicht dargestelltes Streckenmeßsystem zur Bestimmung von Distanzen zu Objektpunkten und evtl. Basispunkten sowie von Objektstrukturen im Objektraum und anderen Bildinhalten. Stehachse 9 und Kippachse 10 stehen senkrecht aufeinander.

Das Fernrohr 5 enthält zusammen mit der eingebauten elektronischen Kamera in an sich bekannter Weise ein Objektiv, eine Fokussierlinse sowie einen bildgebenden Empfänger, z. B. eine CCD-Matrix, die in der Brennebene des Objektivs des Fernrohrs oder der Kamera angeordnet ist. Die CCD-Matrix ist über einen Rechner mit einem Display 6 des Videotachymeters verbunden, wobei das Display 6 das Bild des Objektes, das auf der CCD-Matrix abgebildet ist, wiedergibt.

Wird ein Ziel- oder Objektpunkt, der zum Beispiel durch einen Reflektor 7 dargestellt ist, mit dem Videotachymeter angezielt, was durch Betätigung der Triebknöpfe 11, 12 am Videotachymeter bewirkt wird, so kann das Bild 8 des Reflektors 7 im Display 6 betrachtet werden. Indem die Bildwiederholrate des Displays 6 ausreichend hoch ist, zum Beispiel 10 bis 25 Bilder pro Sekunde, kann mit dem Display 6 der Reflektor 7 in gleicher Weise angezielt werden wie ein Zielpunkt bei konventionellen Fernrohren mit einem Okular.

Die Fig. 2 zeigt in einem Blockschaltbild die CCD-Matrix 20 sowie das Display 6. Das Display 6 ist hier schematisch als über die Schaltung 84 zur Aufbereitung des Bildsignals für die Anzeige mit der CCD-Matrix 20 verbunden ge-

zeichnet. Das Display 6 ist ein sogenannter Touchscreen; d. h. durch Berühren einzelner Stellen auf dem Display 6 können analog der Bedienung einer Tastatur dem Geräterechner bestimmte Bedienschritte und Kommandos mitgeteilt werden. Insbesondere können mit einem Pen einzelne Punkte 21 auf dem Display 6 berührt und damit markiert werden, wobei der Rechner die Koordinaten (x' , y') des berührten Pixels ermitteln kann. Im Allgemeinen haben aber Displays nicht unbedingt dieselbe Anzahl Pixel, wie sie die Kamerachips besitzen, so daß einem Punkt 21 mit den Pixelkoordinaten (x' , y') des Displays 6 ein Pixel 22 (x , y) der CCD-Matrix 20 zugeordnet werden muß. Dabei liege bei der CCD-Matrix 20 die x-Achse in horizontaler Zeilenrichtung und die y-Achse in vertikaler Spaltenrichtung. Beim Display 6 liegen analog die x' -Achse in horizontaler Zeilenrichtung und die y' -Achse in vertikaler Spaltenrichtung.

Im einfachsten Fall einer Abbildung des gesamten Bildinhalts auf die Gesamtfläche des Displays gelten folgende Zuordnungen:

- a Anzahl der Pixel in einer Zeile der CCD-Matrix
- b Anzahl der Pixel in einer Spalte der CCD-Matrix
- c Anzahl der Pixel in einer Zeile des Displays
- d Anzahl der Pixel in einer Spalte des Displays

Es gilt:

$$x = \text{Int} [x' \cdot a/c] \quad [1]$$

$$y = \text{Int} [y' \cdot b/d] \quad [2]$$

Wird also ein Punkt 21 mit den Koordinaten (x' , y') des Displays 6 des Videotachymeters markiert, wird diesem mit Hilfe der Gleichungen [1] und [2] ein Pixel 22 mit den Koordinaten (x , y) der CCD-Matrix 20 zugeordnet. Die Funktion Int bedeutet dabei den ganzzahligen Anteil. Diese Markierung kann nun in der aus Rechnerprogrammen für die Bildverarbeitung an sich bekannten Weise nicht nur für Punkte, sondern auch für Kanten, Ecken und ähnliche geometrische Figuren und Objekte erfolgen. In gleicher Weise kann mit Hilfe des Displays für den Rechner durch Markierung eines Softkeys mitgeteilt werden, um was für ein geometrisches Objekt es sich gerade handelt.

Mit Hilfe der Gl. [1] und [2] ist es möglich, diese Objekte im Datensatz der CCD-Matrix 20 wiederzufinden. In der Umgebung der so berechneten Pixel (x , y) wird dann nach dem markierten Objekt mittels an sich bekannter Bildverarbeitungsalgorithmen gesucht. Der Begriff Umgebung bedeutet dabei, daß der Suchbereich um so viele Pixel erweitert werden muß, wie für eine sichere Subpixelinterpolation der gesuchten geometrischen Objekte erforderlich sind. Weiterhin soll hier bemerkt werden, daß anstelle einer CCD-Matrix auch eine CMOS-Bildsensormatrix eingesetzt werden kann.

Das dazu erforderliche Vorgehen zeigt Fig. 3. Das Display 6 ist hierbei in zwei Bereiche unterteilt, einen Bildbereich 30 und einen Bedienbereich 36. Der Bildbereich 30 zeigt als Bildinhalt Objekte, die von der CCD-Kamera des Videotachymeters 1 aufgenommen werden, so das Bild 8 des Reflektors 7, der am Zielort im oder am Objektpunkt aufgestellt ist, weiterhin beispielsweise eine Hausfront 31 mit der Hauskante 33 und dem Fenster 32. Mit einem Cursor 34 wird nun in an sich von Computern mit grafischer Bedienoberfläche her bekannter Weise ein Objekt (z. B. eine Kante oder ein Punkt) markiert. In Fig. 3 ist die Hauskante 33 mit einer Markierung 35 umgeben, die mit Hilfe des Cursors 34 erzeugt wurde.

Im Bedienbereich 36 des Displays 6 sind softwaremäßig erzeugte Tasten 37-41 vorhanden. Durch Berührung dieser Tasten mit dem Pen kann mit Hilfe der Software in dem

markierten Bereich 35 nach einem geometrischen Objekt gesucht werden. Die Taste 37 bewirkt die Suche nach einem Punkt, die Taste 38 nach einer Kante, die Taste 39 nach einer Ecke. Die Taste 40 hat die Funktion: Fangen eines beliebigen Objekts, d. h. durch Betätigung dieser Taste ermittelt die Software der verwendeten Rechners selbst die Art des Objekts. Im Beispiel der Hauskante 33 wird die Taste 38 betätigt. Die Software des Rechners des Videotachymeters 1 bestimmt für die Pixelkoordinaten (x' , y') des durch die Markierung 35 umgrenzten Bereichs des Displays 6 die zugehörigen Pixel (x , y) der CCD-Matrix mittels der Gleichungen [1] und [2] und sucht in diesem Bereich beispielsweise nach einer Kante.

Die Subpixelinterpolation der geometrischen Objekte erfolgt durch an sich bekannte Verfahren der Bildverarbeitung. Die durch Subpixelinterpolation gefundene Kante kann dann vorteilhaft mit einer anderen Farbe im Display 6 hinterlegt werden, um ihre berechnete Lage zu kennzeichnen. Mit der Escapetaste 41 kann dann beispielsweise die Menüebene oder der Bedienbereich 36 verlassen werden. In der gezeigten Weise lassen sich alle geometrischen Objekte im Bild markieren und ihnen Koordinaten im System der CCD-Matrix 20 zuordnen.

Fig. 4 zeigt die Zuordnung zwischen je einer Ebene im Objekt- und Bildraum. So ist eine Ebene E im Objektraum einer Ebene E' im Bildraum in der Ebene der CCD-Matrix 20 zugeordnet. Die optische Achse 50 des Videotachymeters 1 ist durch einen Punkt P im Objektraum, den Objekthauptpunkt 52 des schematisch gezeichneten Fernrohrobjektivs 53 und den Durchstoßpunkt P' der optischen Achse 50 durch die CCD-Matrix 20 markiert. Dieser Durchstoßpunkt P' haben die Koordinaten (x_m ; y_m) im Koordinatensystem der CCD-Matrix 20.

Die Bildebene E' der CCD-Matrix 20 ist senkrecht zur optischen Achse 50. In der Bildebene liegen der Durchstoßpunkt P' der optischen Achse 50 und ein Bildpunkt B'. Der Bildpunkt B' habe die durch Subpixelinterpolation erhaltenen Koordinaten (x_i ; y_i). Die Ablage s des Punktes B' zum Durchstoßpunkt P' der optischen Achse 50 in x-Richtung ergibt sich aus ($x_i - x_m$). Die Ablage t des Punktes B' zum Durchstoßpunkt P' der optischen Achse 50 durch die Ebene E' in y-Richtung ergibt sich aus ($y_i - y_m$).

In einer Objektebene E senkrecht zur optischen Achse liegt der zu bestimmende Objektpunkt B, dessen Abbildung der Punkt B' in der Bildebene E' ist, sowie ein Durchstoßpunkt P auf der optischen Achse, welcher der Durchstoßpunkt der optischen Achse 50 durch die Ebene E ist, in der der Objektpunkt B liegt. Der Objektpunkt B kann Teil eines entsprechend Fig. 3 markierten und interpolierten geometrischen Objekts 33 (Fig. 4) sein. Der Objektpunkt B hat die zu bestimmende seitliche Ablage a und die Ablage in der Höhe c zum Durchstoßpunkt P in der Ebene E senkrecht zur optischen Achse 50. Diesen Ablagen sind Ablagen (Koordinaten) a und c zuordenbar.

Wenn der Abbildungsmaßstab M bekannt ist, können diese Koordinaten (a; c) bestimmt werden. Es ergibt sich:

$$a = M \cdot (x_i - x_m) \quad [3]$$

$$c = M \cdot (y_i - y_m) \quad [4]$$

Der Maßstab M kann auf verschiedene Weise bestimmt werden. So kann eine Distanzmessung sowohl nach einem Reflektor oder auch reflektorlos zum Punkt P erfolgen. Der Maßstab M ergibt sich nach bekannten optischen Gesetzen zu:

$$M = g/b \quad [5]$$

Dabei ist b die Bildweite, d. h. der Abstand der CCD-Matrix 20 von der bildseitigen Hauptebene des Objektivs 53. Die Gegenstandsweite g ist der Abstand des Punktes P von der objektseitigen Hauptebene des Objektivs 53, die aus der gemessenen Distanz und den Optikdaten des Fernrohrs 5 bestimmt werden kann. Die Distanz ist der Abstand des Punktes P von der Stehachse des Videotachymeters, um welche dieses schwenkbar ist.

Weiterhin kann eine trigonometrische Entfernungsmessung direkt zum Punkt B beziehungsweise dem geometrischen Objekt, das den Punkt B enthält, in der Weise durchgeführt werden, daß ein zweites Videotachymeter denselben Punkt anmißt, wobei die Distanz beider Geräte und ihre gegenseitige Orientierung zueinander bekannt sind. Diese Verfahren sind bekannt und nicht Gegenstand dieser Erfindung.

Mit Hilfe der Distanz, der mit den Winkelmeßsystemen des Tachymeters gemessenen Horizontal- und Vertikalwinkel sowie der Gerätegeneigungen können wiederum in bekannter Weise angezielten Objektpunkten P Koordinaten zugeordnet werden. Den aus dem Bildinhalt der CCD-Matrix 20 extrahierten, geometrischen Objekten können mit Hilfe der Gleichungen [3] und [4] bei horizontaler Zielung Koordinaten in Bezug auf angezielte Objektpunkte P zugeordnet werden. Bei geneigter Zielung sind die Meßwerte entsprechend bekannter Gesetzmäßigkeiten aus der Photogrammetrie zu reduzieren. Somit ist es möglich, von geometrischen Objekten Koordinaten zu bestimmen.

Die Fig. 5 zeigt eine andere erfindungsgemäße Ausbildung des Displays 6 der Videotachymeters 1, bei welcher anstelle einer digitalen Bildverarbeitung eine analoge Meßmöglichkeit im Bild besteht. Das Display 6 zeigt zunächst Rahmenmarken 62 sowie ein Zielkreuz 63, daß die optische Achse 50 (Fig. 4) markiert. Diese Rahmenmarken 62 werden softwaremäßig erzeugt. Wird mit dem Videotachymeter 1 ein Reflektor angezielt, erscheint im Display 6 das Bild des Reflektors 8. Weiterhin ist das Bild eines ebenfalls im Bildfeld befindlichen auszumessenden Objekts 8', zum Beispiel ein Baum zu sehen, der sich zumindest näherungsweise in gleicher Entfernung wie der Reflektor 8 befindet. Bei bekannter Distanz zum Reflektor 8 können mit Hilfe der Gleichungen [3] und [4] die Maßstabsgrößen a und c (Fig. 4) berechnet werden. Diese Größen werden an einem Maßstab 64 dargestellt. Der Maßstab 64 kann um seinen Nullpunkt 65 gedreht und frei mit einem Cursor verschoben werden. Somit ist es dem Benutzer möglich, durch Anlegen des Maßstabs 64 an Bilder von Meßobjekten 67 (z. B. Kante des Baumes 8') Messungen vorzunehmen, zum Beispiel den Durchmesser des Baumes zu messen. Die Meßgröße des Maßstabes 68, die Lage des Cursors zum Zielkreuz 69 und der Maßstab des Displaybildes 70 können ebenfalls vorteilhaft auf gesonderten Feldern oder an ausgewählten Stellen im oder auf dem Display 6 angezeigt werden. Es ist auch möglich, den vertikalen Cursormaßstab 71 mit dem Neigungswinkel des Fernrohrs 5 (Fig. 1) gegen die Horizontalebene zu variieren, damit die Größe c in die vertikale Richtung projiziert wird.

Zur Verdeutlichung können auch berechnete Strukturen auf dem Display kontrastmäßig hervorgehoben werden, beispielsweise durch ein Blinken der Strukturen oder durch eine farbliche Kennzeichnung derselben.

Die Erfindung ist nicht auf das vorstehende Ausführungsbeispiel beschränkt. So kann das Display am Fernrohr oder auch vom Tachymeter entfernt angebracht sein. Das Bild kann unterschiedlich gezoomt oder mit von der Mitte zum Rand variierendem Abbildungsmaßstab dargestellt werden. Meßbilder können zusammen mit den aus ihnen extrahierten Meßdaten abgespeichert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen der Koordinaten von Objektpunkten mittels eines mit einer elektronischen, eine Pixel-Matrix umfassenden Kamera ausgerüsteten, an einem Tachymeterstandpunkt angeordneten Videotachymeters,

- wobei mit Hilfe der elektronischen Kamera des Videotachymeters zu vernessende Objektpunkte und/oder -strukturen sowie Basispunkte umfassende Bilder aufgenommen werden, welche auf einem Display des Videotachymeters dargestellt und in einem Rechner gespeichert werden, und daß die, die zu vernessenden Objektpunkte und/oder -strukturen umfassenden Bildinhalte auf dem Display bezeichnenden Pixel mittels elektronischer Mittel markiert oder gekennzeichnet werden,

- daß mittels einer Transformation so markierten oder gekennzeichneten Pixeln auf dem Display Pixel auf der Matrix der elektronischen Kamera zugeordnet werden,

- daß mit Hilfe des Streckenmessers des Videotachymeters die Distanz zu mindestens einem Objektpunkt und mit den Winkelmeßsystemen des Videotachymeters Höhen- und Horizontalwinkel zu dem mindestens einen Objektpunkt gemessen werden,

- daß innerhalb der Bildinhalte der zugeordneten Pixel der elektronischen Kamera mittels an sich bekannter Methoden der Bildverarbeitung nach Strukturen, wie Punkten, Kanten, Ecken und dergleichen, gesucht wird,

- daß die Position und Orientierung dieser Strukturen in Bezug auf die durch Objektiv und Kamera gebildete Zielachse des Videotachymeters ermittelt wird,

- und daß mit diesen ermittelten Strecken- und Winkelwerten die Abmessungen dieser Strukturen im Objektraum in der jeweiligen Betrachtungsebene bestimmt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzeige jeweiliger Meß- und Rechenwerte im Display vorgenommen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die berechneten Strukturen im Display kontrastmäßig, durch Blinken oder Farbe hervorgehoben werden.

4. Verfahren nach mindestens einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Lineal in das Display eingeblendet ist, dessen Maßstab im Objektraum durch Distanzmessung kalibriert ist.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßbilder mit den dazu berechneten Daten zur Dokumentation des Meßprozesses in einer Rechner abgespeichert werden.

6. Verfahren nach mindestens einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein beliebiger Teil des durch die elektronische Kamera aufgenommenen Bildes mit seiner vollen Auflösung auf dem Display des Videotachymeters abgebildet wird.

7. Verfahren nach mindestens einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Zielkreuz oder Meßmarken mit auf dem Display erzeugt und sichtbar gemacht werden.

8. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens, um-

fassend an einem Gerätestandort ein VTM mit Fernrohr und Videokamera mit Pixel-Matrix und Display zur Darstellung der auf der CCD-Matrix abgebildeten Objekt- und Basispunkte, sowie Strecken- und Winkelmeßsystemen zur Bestimmung von Distanzen, Horizontal- und Vertikalwinkeln zu Objektpunkten B, dadurch gekennzeichnet,

daß das Display mindestens einen Bedien- und einen Bildbereich besitzt, und

daß Mittel zur Markierung und Suche nach Objektpunkten und -strukturen auf dem Bedienbereich vorgesehen sind.

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Display softwaremäßig erzeugte Tasten für verschiedene geometrische Figuren und Strukturen vorgesehen sind, mit denen, mit Hilfe von entsprechender Software in einem, durch einen Cursor im Bildbereich markierten Objektbereich nach entsprechenden Figuren und Objektstrukturen recherchiert werden kann.

10. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Pixelmatrix der Kamera CCD- oder CMOS-Elemente umfaßt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

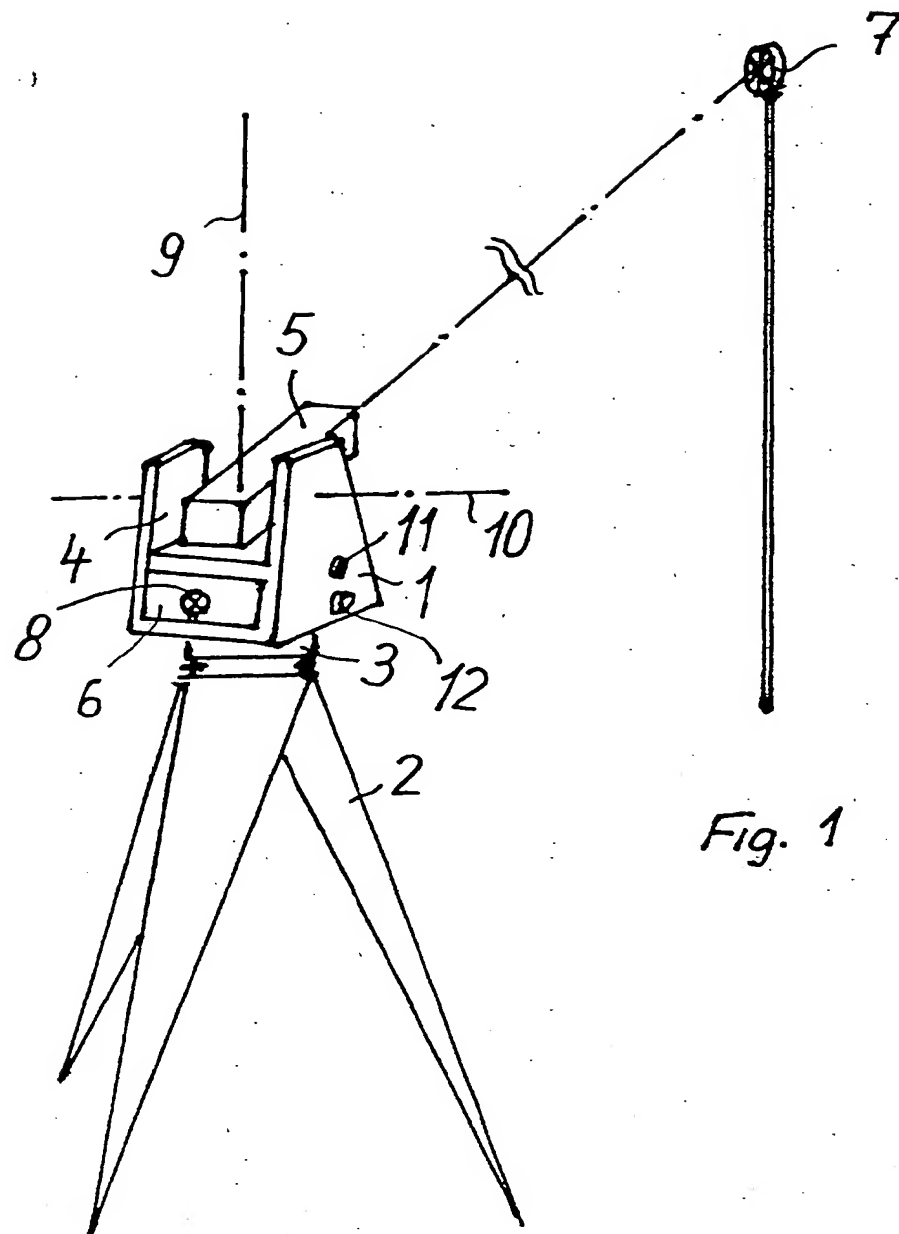


Fig. 1

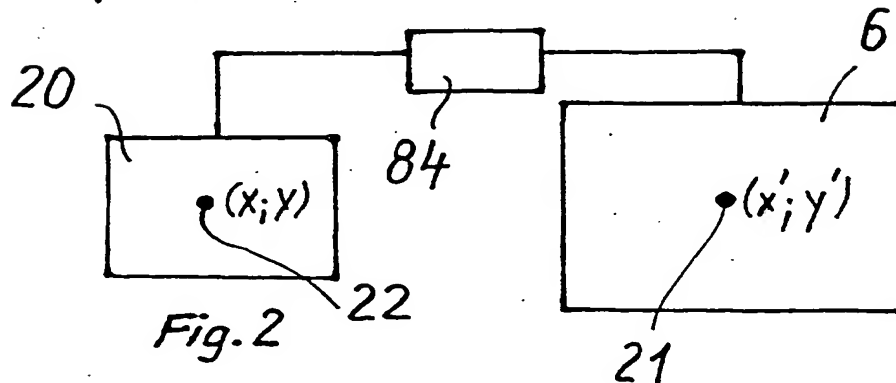


Fig. 2

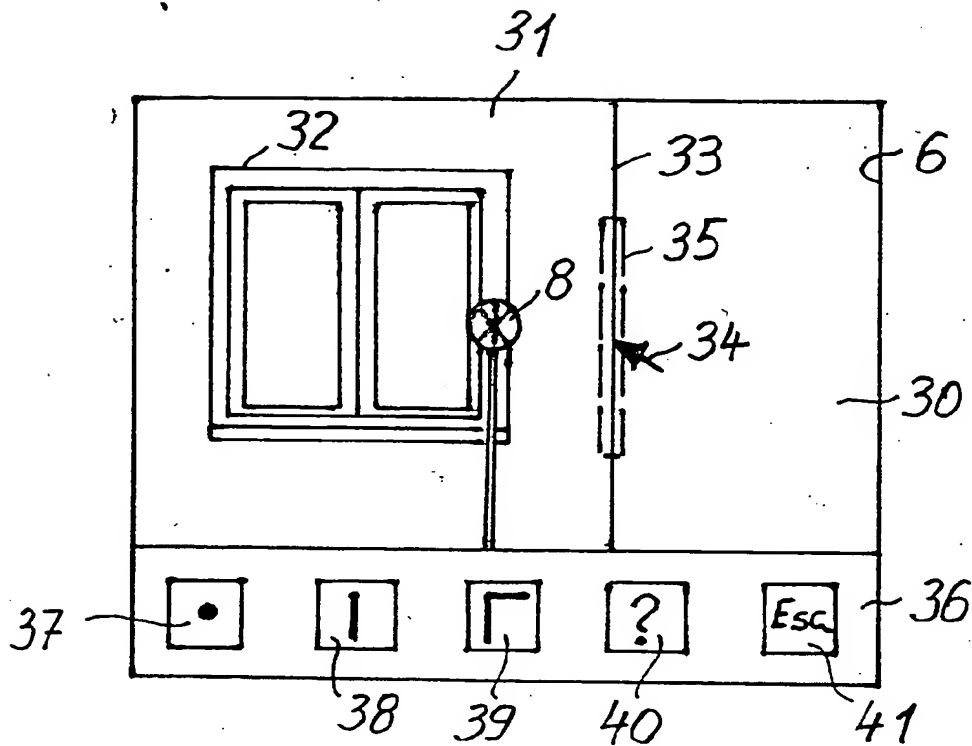
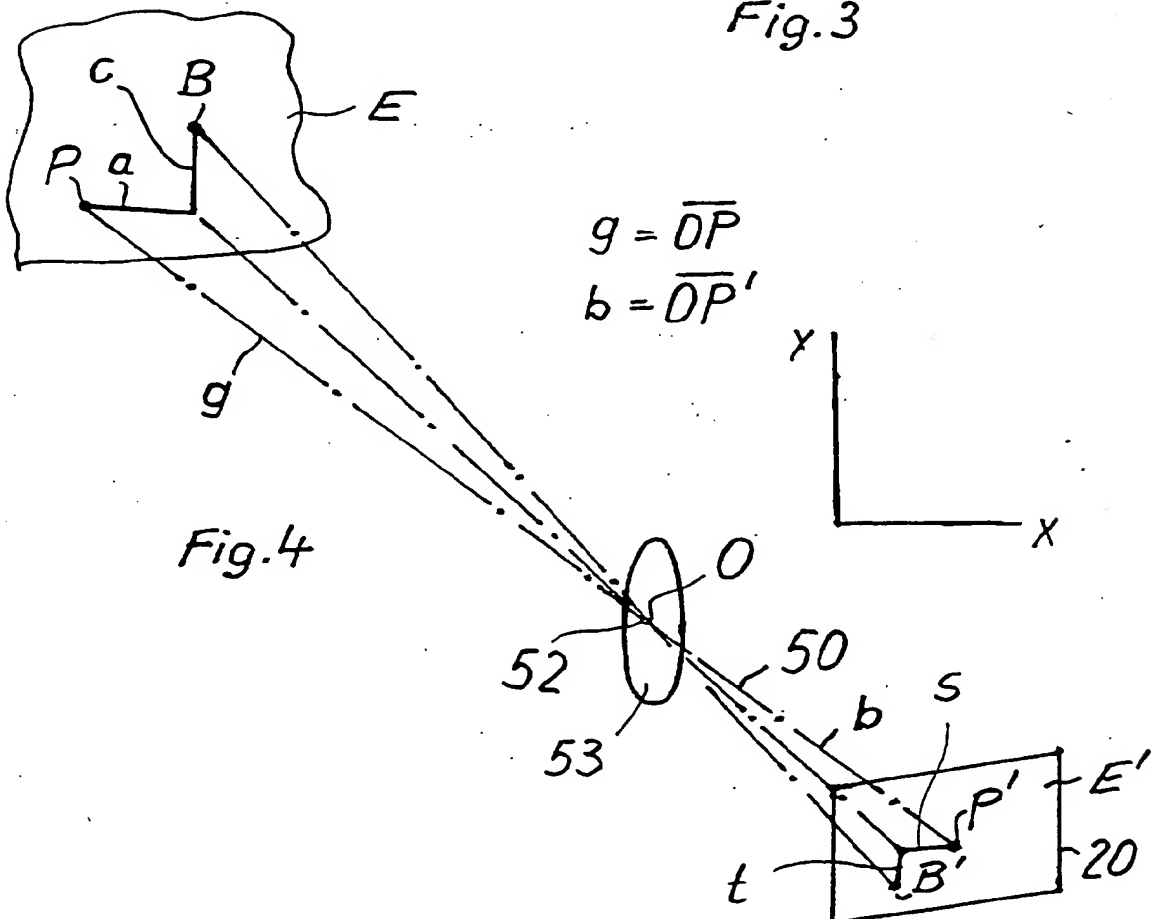


Fig. 3



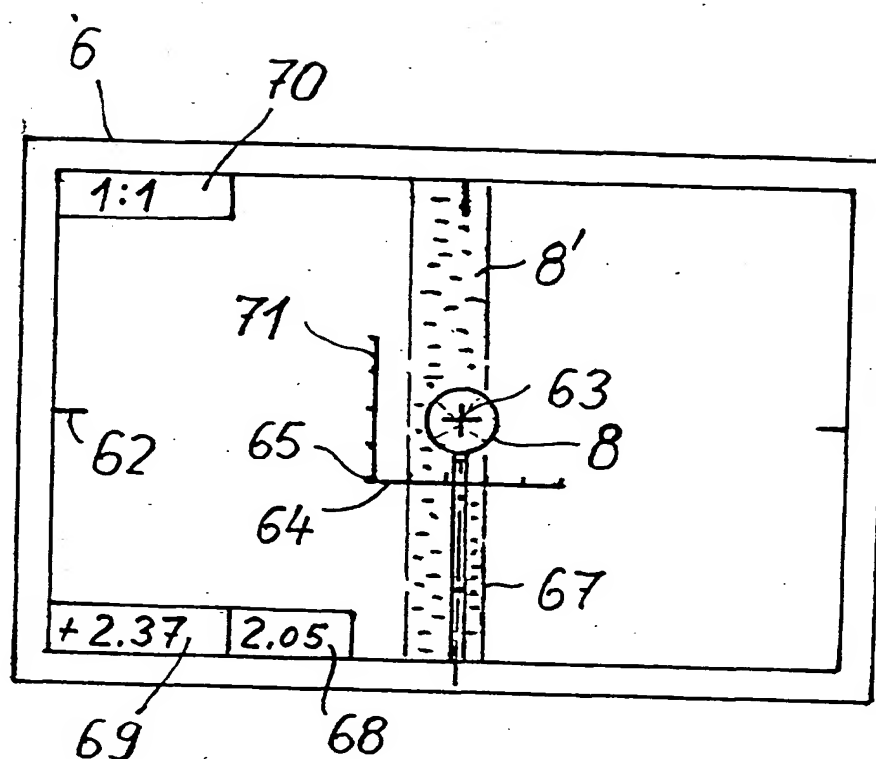


Fig. 5